

Analisis Kebutuhan Resapan Penampang Lingkaran Dinding Sumur Porus Untuk Meminimalisir Limpasan Permukaan

Thoufiq Galih Firmansyah^{1,a}, Ida Bagus Agung², Lilik Hendro Widaryanto³
^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa
Yogyakarta

^aE-mail : thoufiqfirmansyah@gmail.com

Abstrak

Air tanah merupakan sumber air yang sangat penting bagi makhluk hidup. Pemakaian air tanah harus mempertimbangkan faktor kelestarian air tanah, yang meliputi faktor kualitas dan kuantitas air. Salah satu cara mempertahankan kuantitas air tanah adalah dengan menerapkan sumur resapan. Keuntungan yang dapat diperoleh dari pemanfaatan sumur resapan adalah, dapat menambah jumlah air tanah dan mengurangi jumlah limpasan. Studi kasus ini mengambil lokasi di kawasan kampus I, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa.

Penelitian metode sumur resapan ini bertujuan untuk memberikan dampak berkurangnya limpasan permukaan yang terjadi di kampus I UST. Air hujan yang semula jatuh keatas permukaan genteng tidak langsung mengalir ke selokan atau halaman rumah tetapi dialirkan melalui seng terus ditampung kedalam sumur resapan. Akibat yang bisa dirasakan adalah air hujan tidak menyebar ke halaman atau selokan sehingga akan mengurangi terjadinya limpasan permukaan.

Metode yang digunakan untuk menentukan analisis frekuensi adalah metode Log Person III. Dari hasil perhitungan didapat intensitas curah hujan untuk kala ulang 10 tahun adalah 42,843 mm/jam dalam 120 menit. Dari hasil penelitian diketahui bahwa dimensi sumur resapan diameter 0,8 m dan kedalaman 3 m berjumlah 90 buah, sedangkan untuk diameter 1 m dan kedalaman 3 m berjumlah 60 buah.

Kata kunci: air tanah, debit, metode sumur resapan.

Pendahuluan

Air menjadi salah satu permasalahan serius yang dihadapi oleh masyarakat di dunia terutama dalam perkembangan masyarakat modern sekarang ini. Namun, populasi manusia terus meningkat dan semakin banyak membutuhkan air. Masalahnya adalah kita bersaing dengan alam yang juga membutuhkan air untuk menjaga ekosistemnya. Konsep *zero run-off system* (ZROS) diperkenalkan berdasarkan pada model neraca air yang bertujuan mengurangi air limpasan permukaan keluar dari satu kawasan dengan menyerapkannya secara terdistribusi ke dalam lapisan tanah yang dilaluinya.

Meningkatnya pembangunan sarana kehidupan di masyarakat memicu perubahan tata guna lahan yang menyebabkan berkurangnya lahan terbuka sebagai lahan resapan. Hal ini menyebabkan terjadinya aliran permukaan (*surface run-off*) hal ini disebabkan karena air hujan yang terserap oleh tanah sedikit. Tampungan seperti sumur resapan sangat perlu dibuat, karena mampu menampung dan menyerap air hujan ke dalam tanah secara perlahan dan menerus sehingga air tanah tidak habis.

Pembuatan sumur resapan merupakan salah satu cara yang efektif untuk meningkatkan kapasitas infiltrasi lahan, yang selanjutnya dapat menambah cadangan air tanah atau yang sering disebut dengan konservasi air tanah dimana inilah yang disebut dengan fungsi utamanya. Kampus I, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa (UST) yang berlokasi di Jalan Kusumanegara nomor 157, telah mempunyai sumur resapan dengan jumlah dan dimensinya yang kurang mendukung dan letaknya yang kurang tepat disamping kondisi tanah yang tidak rata sehingga sering terjadinya *surface run-off*. Fungsi sumur resapan adalah untuk mengurangi volume dan kecepatan aliran permukaan sehingga menurunkan puncak banjir, menekan lajunya erosi dan mencegah penurunan atau ambblasnya lahan sebagai akibat dari pengambilan air tanah yang berlebihan atau dapat juga digunakan untuk mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besaran limpasan air hujan di Kampus I UST Yogyakarta agar mendapatkan hasil berupa ukuran dan jumlah sumur resapan yang ideal.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui besar debit limpasan air hujan yang terjadi di Kampus I UST.
2. Untuk mengetahui jumlah kebutuhan serta mendimensi sumur resapan yang paling efektif di area Kampus I UST Yogyakarta, agar tidak banyak menjadi aliran permukaan (*surface run-off*) sehingga bisa meningkatkan cadangan air tanah agar tidak begitu saja terbuang dan menjadi genangan.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini dibuat agar tidak terjadi perluasan dalam pembahasan penelitian ini, dimana batasan penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Lokasi dari analisis penelitian ini adalah di Kampus I Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa di Jalan Kusumanegara No. 157, Muja Muju, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta, 55165.
2. Data hujan yang digunakan adalah data hujan Stasiun Tangkapan Air Banguntapan yang terletak di Kelurahan Kotagede, hal ini dikarenakan lokasi tersebut dekat dengan lokasi penelitian, data yang digunakan adalah data tahun 2007 sampai dengan tahun 2018. Data hujan ini digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan maksimum pada periode ulang 10 tahun, guna mengetahui debit air maksimum di Kampus I Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta.
3. Sampel tanah yang diambil pada lokasi penelitian adalah tanah permukaan.

Tinjauan Pustaka

Agus Widhi R dari UMS (2016) dengan penelitian berjudul Analisis Kebutuhan Sumur Resapan dalam Rangka Konservasi Air di Kampus II UMS, mengambil suatu permasalahan yang diselesaikan dengan analisis hujan metode rasional.

Yanuar Chandra Wirasembada dari IPB (2017) melakukan penelitian Penerapan *Zero Run-off System* (ZROS) dan Efektivitas Penurunan Limpasan Permukaan pada Lahan Miring di DAS Cidanau, Banten, menyelesaikan masalah dengan metode *Soil Conservation Service Curve Number* (SCS-CN).

Lussiany Bahunta dari IPB (2018) meneliti Rancangan Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Upaya Pengurangan Limpasan Di Kampung Babakan, Cibinong, Kabupaten Bogor menyelesaikan dengan metode rasional. Keempat, Muhammad Ihsan dari IPB (2016) berjudul Perancangan Sistem *Zero Run-off* Di Kampus IPB Darmaga, Bogor, Jawa Barat menggunakan metode distribusi frekuensi normal dan log normal.

Landasan Teori

Analisis data curah hujan harian maksimum

Analisis data hujan di hitung dari data hujan harian dengan menentukan rata-rata hujan harian. Data hujan menggunakan data hujan dari Stasiun Hujan/STA dengan kala ulang 10 tahun. Kemudian dari data tersebut diambil nilai curah hujan harian terbesar dalam 1 bulan, dan lalu dari nilai tersebut diambil nilai maksimalnya.

Input data

Input data curah hujan ini diambil dari hasil analisis data curah hujan yang telah diambil nilai maksimumnya dan kemudian dicari nilai rata-ratanya.

$$\bar{R} = \left(\frac{1}{n} \sum Ri \right) \dots \dots \dots (1)$$

Analisis Konsistensi atau Kepanggahan Data

Data hujan yang akan dipergunakan dalam suatu analisis frekuensi harus dilakukan uji konsistensi atau kepanggahan data dimana data yang tidak sesuai akibat kesalahan pencatatan dan gangguan alat pencatat perlu dikoreksi dan data yang hilang atau kosong diisi dengan menggunakan

pembandingan pos hujan sekitar yang terdekat dan dianggap memiliki karakteristik yang sama. Selain kehilangan atau rusaknya data, masih terdapat lagi kesalahan yang berupa ketidakpanggunaan data (*inconsistency*). Sifat data ini perlu mendapatkan perhatian untuk memperoleh hasil analisis yang baik

Tabel 1. Nilai Q/\sqrt{n} kritis dan R/\sqrt{n} kritis

n	Q/\sqrt{n} kritis			R/\sqrt{n} kritis		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
<10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
10 - 20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
21 - 30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
31 - 40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
41 - 50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
51 - 100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
>100	1,22	1,36	1,53	1,62	1,75	2,00

(Sumber: Jenis distribusi Sriharto, 1993)

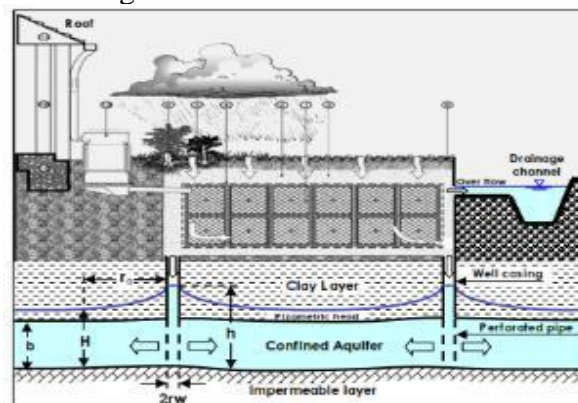
Metode sumur resapan

Ada beberapa metode agar tanah mampu menyerap air dengan baik. Metode yang dimaksud adalah dengan membuat peresapan buatan untuk menggantikan peresapan alami yang sudah berkurang atau bahkan sudah hilang.

Sumur Resapan

Pembangunan sumur resapan adalah salah satu upaya untuk pelestarian sumberdaya air tanah, perbaikan kualitas lingkungan, untuk menambah jumlah air yang masuk ke dalam tanah sehingga dapat menjaga kesetimbangan hidrologi air tanah dan mempertinggi muka air tanah, mengurangi limpasan permukaan (*run-off*) dan erosi tanah. Beberapa tipe dan konstruksi sumur resapan air hujan dan peruntukannya:

1. Tipe I, dengan dinding tanah.
2. Tipe II, dengan dinding pasangan batako atau bata merah tanpa diplester, dan diantara pasangannya diberi lubang.
3. Tipe III, dengan dinding buis beton porus/tidak porus dan pada ujung pertemuan sambungannya diberi celah lubang.
4. Tipe IV, dengan buis beton bertulang.



Gambar 1. Sistem Sumur Resapan
(Sumber: SNI 03-2453-2002)

Standarisasi sumur resapan

Sumur resapan air hujan adalah bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang berfungsi sebagai tempat menampung air hujan yang jatuh dari atap rumah atau di daerah kedap air. Standar ukuran dari sumur resapan yaitu (Ditjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum):

- a. Diameter pipa maksimum 1,4 m.
- b. Diameter pipa masuk 110 cm.
- c. Diameter pipa pelimpah 110 cm.
- d. Ukuran kedalaman 1,5 m sampai dengan 3 m.

Metode Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian

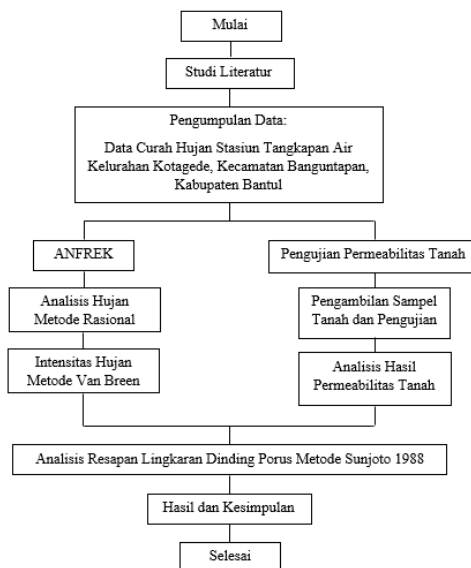
Lokasi penelitian yaitu berada di Kampus I (Kampus Pusat UST) Jalan Kusumanegara No. 157, Muja Muju, Umbulharjo, Yogyakarta, 55165. Penelitian khususnya permeabilitas tanah dilaksanakan pada bulan Oktober 2019.

Bahan penelitian

Bahan penelitian yang akan digunakan dalam hal ini adalah sebagai berikut:

- Lahan Penelitian untuk uji permeabilitas tanah.
- Data pendukung berupa data iklim (data curah hujan harian), dan data hasil pengujian permeabilitas tanah.

Data curah hujan harian kala-ulang 10 tahun yang dimulai dari tahun 2007 sampai tahun 2018 diambil dari Stasiun Tangkapan Air (STA) Kelurahan Kotagede, Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul, D.I.Yogyakarta karena daerah tersebut dekat dengan lokasi penelitian dan hanya itu stasiun pemantauan hujan yang dekat dengan Kota Yogyakarta.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Analisis Data Hujan

Tabel 2. Input Data

Data Curah Hujan Maksimal Harian dalam 1 Tahun	
Tahun	Curah Hujan (mm)
2007	44,00
2008	45,00
2009	57,00
2010	74,00
2011	57,00
2012	35,00
2013	27,00
2014	95,00
2015	61,00
2016	81,00
2017	389,00
2018	389,00
Jumlah	1.354,00
n	12

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum R_i$$

$$= 112,83 \text{ mm}$$

Analisis Konsistensi Atau Kepanggahan Data

$$Q/\sqrt{n} = 4,24/\sqrt{12} = 1,22 < 1,42 \quad \text{OK}$$

$$R/\sqrt{n} = 3,71/\sqrt{12} = 1,07 < 1,60 \quad \text{OK}$$

Keterangan: Berdasarkan tabel1 hasil tersebut dalam batas konsisten/pangghah 99%.

Analisis Hidrologi

5.4.1 Analisa frekuensi

Tabel 3. Perhitungan Untuk Menentukan Jenis Distribusi

Perhitungan Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Cs = 0	Cs = 1,958	Tidak OK
Ck = 3	Ck = 3,400	Tidak OK
Cs = 4,804	Cs = 1,958	Tidak OK
Ck = 68,675	Ck = 3,400	Tidak OK
Cs = 1,1396	Cs = 1,958	Tidak OK
Ck = 5,4002	Ck = 3,400	Tidak OK
Selain Hasil	Selain Hasil	Sesuai

Dari perhitungan dapat disimpulkan bahwa hasil yang sesuai untuk jenis distribusi ini berdasarkan perhitungan adalah jenis distribusi log pearson tipe III dimana keterangan dari selain tersebut adalah tidak sesuai dan yang sesuai hanya tipe tersebut.

Uji keselarasan

Nilai Uji Kecocokan Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Uji Kecocokan Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Probabilitas	Ef	Of	Ef - Of	(Ef-Of) ² / Ef
1	0,00 < P ≤ 0,20	2,4	2	0,4	0,1
2	0,21 < P ≤ 0,40	2,4	3	-0,6	0,2
3	0,41 < P ≤ 0,60	2,4	2	0,4	0,1
4	0,61 < P ≤ 0,80	2,4	3	-0,6	0,2
5	0,81 < P ≤ 1,00	2,4	2	0,4	0,1
Jumlah		12	12	x ²	0,5
Keterangan		OK	OK		

Keterangan: Dari hasil tabel diatas x² terhitung lebih kecil dari X², yaitu 0,5 < 5,991, maka distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

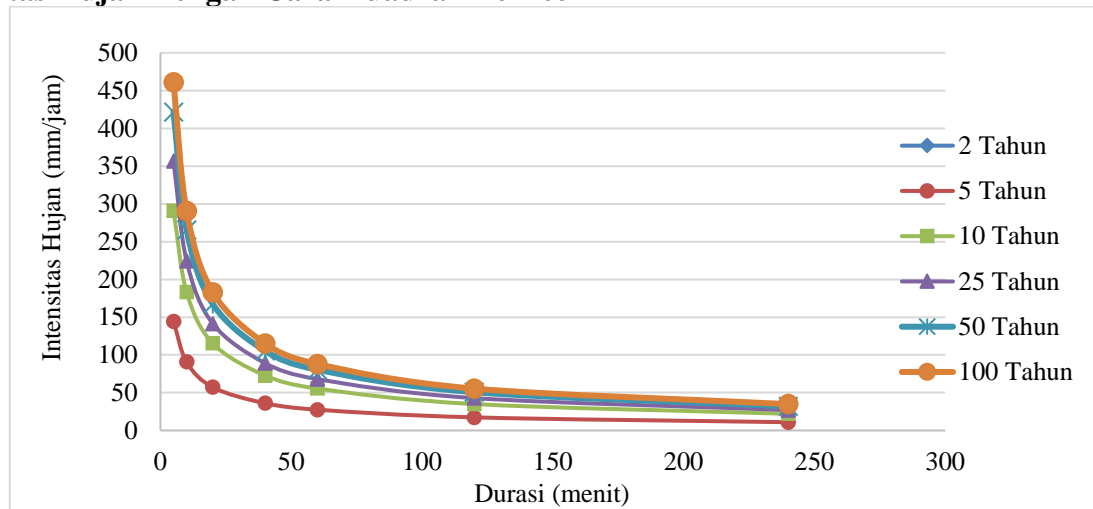
- i. Nilai Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov Distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorof

No	Tahun	Curah Hujan (mm)	fi	Fkom	Z	Pe	Pt	Pe - Pt
1	2017	389	1	1	2,118	0,077	0,083	0,006
2	2018	389	1	2	2,118	0,154	0,167	0,013
3	2014	95	1	3	-0,137	0,231	0,25	0,019
4	2016	81	1	4	-0,244	0,308	0,333	0,026
5	2010	74	1	5	-0,298	0,385	0,417	0,032
6	2015	61	1	6	-0,397	0,462	0,5	0,038
7	2009	57	1	7	-0,428	0,538	0,583	0,045
8	2011	57	1	8	-0,428	0,615	0,667	0,051
9	2008	45	1	9	-0,520	0,692	0,75	0,058
10	2007	44	1	10	-0,528	0,769	0,833	0,064
11	2012	35	1	11	-0,597	0,846	0,917	0,071
12	2013	27	1	12	-0,658	0,923	1	0,077
Total		1354	12		0,000		Δ _{max}	0,500

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai $\Delta_{\max} = 0,500$. Pada derajat kepercayaan 1% diperoleh 0,50 dari tabel nilai kritis $\alpha = 0,01$ dengan $n = 12$, maka keputusan distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

Intensitas Hujan Dengan Cara Kuadran Terkecil



Gambar 3. Grafik Hubungan Intensitas Curah Hujan Dan Durasi Hujan

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan maka durasi hujan akan semakin sebentar/sedikit.

Debit Aliran Permukaan

Tabel 6. Besar Nilai C Metode Dep. PU Jakarta

Penggunaan Lahan	C	Luas (m ²)
Atap	0,95	2210
Paving Blok	0,85	758
Halaman Datar (2%)	0,17	344
Total		3312

(Sumber: Hasil Perhitungan Acuan Dep. PU Jakarta November, 1994)

$$C_{gab} = \frac{(A1 \cdot C1) + (A2 \cdot C2) + (A3 \cdot C3) + \dots + (An \cdot Cn)}{A1 + A2 + A3 + \dots + An}$$

$$C_{gab} = 0,846$$

Perhitungan debit limpasan dapat dilihat sebagai berikut ini:

- $I = 42,843 \text{ mm/jam}$
- $Q = 0,278 * C * I \text{ (mm/jam)} * A \text{ (km}^2\text{)}$
 $= 80,18 \text{ m}^3/\text{jam}$

Jadi, berdasarkan perhitungan didapatkan nilai debit limpasan di kampus 1 UST sebesar 0,0223 m³/detik atau 80,18 m³/jam.

Permeabilitas Tanah

Tabel 7. Hasil Pengujian Permeabilitas Tanah

Hasil Pengujian Permeabilitas Tanah			
P ₁	=	19	cm
L	=	13	cm
P ₂	=	19	cm
h ₁	=	150	ml
h ₂	=	108	ml
Δt	=	1,2	jam

$$k = \frac{P1^2 \cdot L}{P2^2 \cdot \Delta t} \ln \frac{h1}{h2}$$

$$= 3,6 \text{ cm/jam}$$

$$= 0,001 \text{ cm/detik}$$

$$= 0,0000098 \text{ m/detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dan dilihat pada tabel jenis tanah diatas, maka jenis tanah di lokasi penelitian ada di Uraian Kelas Sedang dan Kode Penilaian 3.

Sumur Resapan

Sumur resapan dimensi sesuai dilapangan

a. Sumur resapan tampang lingkaran dinding porus metode Sunjoto 1988

b. Berdasarkan perhitungan, telah didapatkan hasil sebagai berikut:

- i. Debit masuk (Q) = 0,022 m³/detik = 80,18 m³/jam.
- ii. Permeabilitas tanah (k) = 0,0000098 m/detik
- iii. Dimaeter sumur (d) = 0,8 m
- iv. Luas lahan tertutup (A_T) = 0,00221 km²
- v. Duras hujan (T_D) = 120 menit = 2 jam
- vi. Intensitas hujan (I) = 42,843 mm/jam
- vii. Faktor geomeetrik (F) = $2\pi R$
= 2,512 m
- viii. n = 1

c. Maka, tinggi muka air dalam sumur:

$$H = \frac{Q}{F \cdot K} \left(1 - \exp \left(\frac{-F \cdot K \cdot T_D}{n \cdot \pi \cdot R^2} \right) \right)$$

$$= 268,944 \text{ m}$$

d. Jadi dibuat:

- i. Kedalaman = 3 m
- ii. Diameter = 0,8 m
- iii. Jumlah = $\frac{H (\text{Tinggi muka air})}{\text{Kedalaman}}$
= 89,648 buah = 90 buah

e. Debit air hujan yang masuk ke dalam tanah:

$$Q_{\text{resapan}} = F \cdot K \cdot H$$

$$= 0,007 \text{ m}^3/\text{detik}$$

f. Debit yang tertampung:

$$Q_{\text{tertampung}} = Q_{\text{masuk}} - Q_{\text{resapan}}$$

$$= 0,016 \text{ m}^3/\text{detik}$$

g. Kapasitas sumur resapan:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

$$= 135,117 \text{ m}^3$$

Keterangan: Resapan berbentuk lingkaran dengan diameter 0,8 m dan dasar berbentuk setengah bola yang berinding porus dengan jumlah 90 buah.

Sumur resapan misalkan diameter diubah

a. Sumur resapan tampang lingkaran dinding porus metode Sunjoto 1988

b. Berdasarkan perhitungan, telah didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\text{Diameter sumur (d)} = 1 \text{ m}$$

c. Maka, tinggi muka air dalam sumur:

$$H = \frac{Q}{F \cdot K} \left(1 - \exp \left(\frac{-F \cdot K \cdot T_D}{n \cdot \pi \cdot R^2} \right) \right)$$

$$= 177,973 \text{ m}$$

d. Jadi dibuat:

- i. Kedalaman = 3 m
- ii. Diameter = 1 m
- iii. Jumlah = $\frac{H (\text{Tinggi muka air})}{\text{Kedalaman}}$
= 59 buah

e. Debit air hujan yang masuk ke dalam tanah:

$$Q_{\text{resapan}} = F \cdot K \cdot H$$

$$= 0,005 \text{ m}^3/\text{detik}$$

f. Debit yang tertampung:

$$\begin{aligned} Q_{\text{tertampung}} &= Q_{\text{masuk}} - Q_{\text{resapan}} \\ &= 0,017 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

g. Kapasitas sumur resapan:

$$\begin{aligned} V &= \pi \cdot R^2 \cdot H \\ &= 139,709 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Keterangan: Resapan berbentuk lingkaran dengan diameter diubah menjadi 1 m dan dasar berbentuk setengah bola yang berdinding porus jumlahnya bisa diminimalisir menjadi 60 buah.

Berikut ini dihitung juga mengenai beberapa ukuran sumur resapan yang dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini:

Tabel 8. Variasi Kedalaman, Diameter dan Jumlah Sumur Resapan

No.	Diameter (m)	Jumlah (buah)			
		Kedalaman 1 m	Kedalaman 2 m	Kedalaman 3 m	Kedalaman 4 m
1	0,6	452	226	151	113
2	0,8	269	134	90	67
3	1	178	89	59	44
4	1,2	126	63	42	32
5	1,4	94	47	31	24

Kesimpulan

Dari penelitian, pembahasan, dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Debit aliran dianalisis menggunakan metode rasional yang menghasilkan debit aliran di Kampus 1 UST yaitu sebesar 0,0223 m³/detik atau 80,18 m³/jam.
2. Berdasarkan perhitungan luas wilayah area kampus 1 UST yang tertutup dan dilakukan analisis menggunakan metode (Sunjoto, 1988) maka dihasilkan sumur resapan penampang lingkaran berdiameter 0,8 m dengan jumlah sebanyak 90 buah dengan kedalaman 3 m. Dan jika diameter diubah maksimal 1 m (berdasarkan PERGUB DIY No. 48 Tahun 2014), maka jumlah tersebut dapat diminimalisir menjadi 59 buah.

Daftar Pustaka

- BSN, 2002. Standar Nasional Indonesia No. 03-2453-2002 tentang *Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Ditjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, 2002. *Standarisasi Ukuran Dari Sumur Resapan*. DKI Jakarta.
- PEMDA, 2014. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 48 Tahun 2014 Tentang *Tata Cara Peningkatan Kapasitas Imbuhan Air Tanah*. Yogyakarta: Pemerintah Provinsi DI Yogyakarta.
- Sriharto, 2000. *Hidrologi, Teori Masalah Penyelesaian*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Sunjoto, 1989. *Teknik Konservasi Air pada Kawasan Permukiman*. Yogyakarta (ID): LPM-UGM.
- Sunjoto, 2011. *Outline Teknik Drainase Pro-Air*.
- Suripin, 2001. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi.
- Suripin, 2004. *Pengelolaan Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta : Andi.
- Triatmodjo Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo Bambang, 2009. *Hidrologi Terapan*. Beta Ofset, Yogyakarta.
- Undang Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.